

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ АВТОТРАНСПОРТОМ (АВТОМОБИЛИ, ЭЛЕКТРОМОБИЛИ, ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ)**

**С.Е. Селиванов, профессор, д.т.н., В.В. Филенко, аспирант, ХНУ имени  
В.Н. Каразина, А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ, Э.Н. Будянская,  
ст. научн. сотр., к.м.н., НИИ гигиены труда и профзаболеваний ХНМУ**

*Аннотация.* Рассмотрена физика электромагнитного поля, проведен анализ влияния электромагнитных излучений на человека, источником которых является автомобиль, оснащенный двигателем внутреннего сгорания, электромобиль, гибридный автомобиль. Проведен мониторинг электромагнитных излучений транспортных средств.

*Ключевые слова:* электромагнитные поля, электромобиль, гибридный автомобиль, мониторинг.

## **ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ АВТОТРАНСПОРТОМ (АВТОМОБІЛІ, ЕЛЕКТРОМОБІЛІ, ГІБРИДНІ АВТОМОБІЛІ)**

**С.Є. Селіванов, професор, д.т.н., В.В. Філенко, аспірант, ХНУ імені В.М. Каразіна,  
О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ, Е.М. Будянська,  
ст. наук. сотр., к.м.н., НДІ гігієни праці та профзахворювань ХНМУ**

*Анотація.* Розглянуто фізику електромагнітного поля, проведено аналіз впливу електромагнітних випромінювань на людину, джерелом яких є автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згорання, електромобіль, гібридний автомобіль. Проведено моніторинг електромагнітних випромінювань транспортних засобів.

*Ключові слова:* електромагнітні поля, електромобіль, гібридний автомобіль, моніторинг.

## **ELECTROMAGNETIC BIOSPHERE POLLUTION BY MOTOR TRANSPORT (VEHICLES, ELECTRIC VEHICLES, HYBRID VEHICLES)**

**S. Selivanov, professor, dr. eng. sc., V. Filenko, post graduate student, KhNU,  
A. Bazhynov, professor, dr. eng. sc., KhNAHU, E. Budianskaya, senior research worker,  
cand. med. sc., SRI of labor hygiene and profreenesses KhNMU**

*Abstract.* The physics of the electromagnetic field is considered. The analysis of electromagnetic radiation on the human-being, the origin of which is the vehicle the electric vehicle, the hybrid vehicle is being considered. The monitoring of electromagnetic radiation of vehicles is carried out.

*Key words:* electromagnetic fields, electric vehicle, hybrid vehicle, monitoring.

### **Физика электромагнитного поля**

В современной формулировке электромагнитное поле представлено тензором электромагнитного поля, компонентами которого являются три компоненты напряженности

электрического поля и три компоненты напряженности магнитного поля (или – магнитной индукции), а также четырехмерным электромагнитным потенциалом – в определенном отношении еще более важным.

Электромагнитное поле (ЭМП), особая форма материи, – это фундаментальное физическое поле, взаимодействующее с электрически заряженными телами, представимое как совокупность электрического и магнитного полей, которые могут при определенных условиях порождать друг друга.

Физической причиной существования ЭМП является то, что изменяющееся во времени электрическое поле возбуждает магнитное поле, а изменяющееся магнитное поле – вихревое электрическое поле. Непрерывно изменяясь, обе компоненты поддерживают существование ЭМП.

Поле неподвижной или равномерно движущейся частицы неразрывно связано с носителем (заряженной частицей). Однако при ускоренном движении носителей ЭМП «срывается» с них и существует в окружающей среде независимо, в виде электромагнитной волны, не исчезая с устраниением носителя.

Таким образом, распространение возмущений ЭМП на далекие расстояния называется электромагнитной волной (электромагнитными волнами).

Электромагнитные волны были предсказаны теоретически великим английским физиком Джеймсом Кларком Максвеллом (вероятно, впервые в 1862 году в работе «О физических силовых линиях», хотя подробное описание теории вышло в 1867 году).

Открытие электромагнитных волн – замечательный пример взаимодействия эксперимента и теории. На нем видно, как физика объединила, казалось бы, абсолютно разнородные свойства – электричество и магнетизм, – обнаружив в них различные стороны одного и того же физического явления – электромагнитного взаимодействия.

Со времен Максвелла физики значительно продвинулись в понимании и описании электромагнитного взаимодействия, но и сейчас законченной теории электромагнитных взаимодействий не создано.

Тут самое время вспомнить о законе электромагнитной индукции: изменяющееся электрическое поле порождает магнитное, а изменяющееся магнитное – электрическое. Эти два поля как бы сцеплены друг с другом. Как только мы создаем волнообразное изме-

нение электрического поля, так сразу же к нему «добавляется» и магнитная волна. Разделить эту пару волн невозможно – это единое электромагнитное явление.

Для характеристики величины электрического поля используется понятие «напряженность электрического поля», обозначение  $E$ , размерность СИ – В/м, вектор. Величина магнитного поля характеризуется напряженностью магнитного поля  $H$ , размерность СИ А/м, вектор. Измерению обычно подвергается модуль (длина) вектора.

Электромагнитные волны характеризуются длиной волны (обозначение « $\lambda$ »), размерность СИ – м), излучающий их источник – частотой (обозначение – « $f$ »), размерность СИ – Гц). При частотах 3–300 Гц в качестве характеристики магнитного поля может также использоваться понятие магнитной индукции  $B$ , размерность СИ – Тл (Тесла), одна миллионная часть Тл соответствует 1,25 А/м [1–3].

Источники антропогенных ЭМП разделяют на низко – (0...3 кГц) и высокочастотные (от 3 кГц до 300 ГГц).

К группе источников высокочастотных излучений принадлежат функциональные передатчики – источники ЭМП с целью передачи и приема информации. К ним относятся разнообразное техническое оборудование, которое использует СВЧ – излучения, переменные (50 Гц...1 МГц) и импульсные поля, бытовое оборудование (СВЧ – печь).

Низкочастотные включают в себя все системы производства, передачи распределения электроэнергии, домашнюю и офисную электро- и электронную технику, в том числе средства отображения информации индивидуального пользования (мониторы ПК), транспорт на электроприводе, железнодорожный, городской и автомобильный транспорт.

### **Электромагнитное поле и его влияние на здоровье человека**

В процессе жизнедеятельности человек постоянно находится в зоне действия ЭМП Земли. Такое поле, называемое фоном, считается нормальным и не наносит здоровью людей никакого вреда. Природный электромагнитный спектр охватывает волны длиной от  $1 \cdot 10^{-14}$  метров до  $1 \cdot 10^{-5}$  километров.

**Электромагнитное излучение** увидеть невозможно, а представить не каждому под силу, и потому нормальный человек его почти не опасается. Между тем если суммировать влияние электромагнитного излучения всех приборов на планете, то уровень естественного геомагнитного поля Земли окажется превышенным в миллионы раз.

Интенсивное использование электромагнитной и электрической энергии в современном информационном обществе привело к тому, что в последней трети XX века возник и сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды – электромагнитный.

**Масштабы электромагнитного загрязнения** среды обитания людей стали столь существенны, что Всемирная организация здравоохранения включила эту проблему в число наиболее актуальных для человечества, а многие ученые относят ее к сильнодействующим экологическим факторам с катастрофическими последствиями для всего живого на Земле.

Термин «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды» официально введен в 1995 году Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ). В числе немногих всемирных проектов ВОЗ реализует Международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project), что подчеркивает актуальность и значение, придаваемое международной общественностью этой теме. В свою очередь практически все технически и культурно развитые страны реализуют свои национальные программы исследования биологического действия ЭМП и обеспечения безопасности человека и экосистем в условиях нового глобального фактора загрязнения окружающей среды.

На возможность вредного влияния на организм человека ЭМП было обращено внимание еще в 40-х годах XX столетия. Первым исследователем в этом направлении был врач Павел Иванович Ижевский. С того времени и по сегодняшний день не прекращается постоянное исследование и изучение влияния ЭМП природного и антропогенного (техногенного) характера разнообразной частоты и интенсивности на биологические объекты. Хотя вопросу биологического действия ЭМП посвящено множество научных работ, тем не

менее, в физике этого процесса и до сих пор остается много неизученных вопросов, которые становятся темами для многочисленных симпозиумов, конференций и научных дискуссий. Достоверно известно, что все диапазоны электромагнитных излучений влияют (осуществляют влияние) на здоровье и трудоспособность человека, причем следствия этого влияния могут быть довольно отдаленными [4]. В настоящее время мировой общественностью признано, что ЭМП искусственного происхождения является важным значимым экологическим фактором с высокой биологической активностью. Все больше и больше людей начинают задумываться о негативном воздействии электроприборов на здоровье человека.

Анализ планов отраслей связи, передачи и обработки информации, транспорта и ряда современных технологий показывает, что в ближайшем будущем будет нарастать использование технических средств, генерирующих электромагнитную энергию в окружающую среду. И в связи с этим становится закономерным желание знать, каким образом эти поля влияют на человеческий организм и как защититься от них.

В результате многочисленных исследований установлено, что реакция организма человека зависит от величины мощности излучения и от таких параметров, как частота, вид модуляции, ширина спектра излучаемого сигнала, поляризация, время облучения, электрическая и магнитная составляющая и т.д. Выявить однозначную связь между каким-либо одним параметром излучения и явно выраженным эффектом его действия пока не удалось. Экспериментальные данные свидетельствуют о высокой биологической активности ЭМП во всех частотных диапазонах. При высоких уровнях облучающего ЭМП принято говорить о тепловом механизме воздействия. При низком уровне ЭМП современная теория признает нетепловой или информационный характер воздействия на организм. Механизмы действия ЭМП в этом случае еще мало изучены.

Отметим, что зависимость поглощения энергии электромагнитного излучения (ЭМИ) и ее распределения внутри тела человека определяется не только электрическими свойствами тканей, но и формой и размерами объекта (органа), а также соотношением этих

размеров с длинной волны излучения. Детальный анализ показал, что для частот 0,03...10 ГГц характерно наличие ряда максимумов поглощения, при которых тело человека как бы впитывает в себя поле ЭМИ и поглощает энергии больше, чем приходится на его поперечное сечение. В этом случае резко проявляются интерференционные картины, приводящие к сильной корреляции (взаимосвязи) как общей величины поглощения энергии, так и ее распределения в зависимости от полей конкретных длин волн, размеров и анатомического строения органов и электрических свойств тканей человека. Локальные максимумы поглощения телом человека («Горячие точки») имеют место на частотах 750...2500 МГц, а максимум, обусловленный резонансом с общим размером тела, лежит в диапазоне частот 50...300 МГц.

Таким образом, вредное воздействие электромагнитного излучения (ЭИ) связано с переносом на человека или другой биологический объект их энергии. По электрическим свойствам большинство живых тканей, на частотах более 60 кГц, можно рассматривать как аномальные диэлектрики, обладающие некоторой ионной проводимостью вследствие электрических свойств содержимого клеток и межклеточной жидкости. При укорочении длины волны ЭМИ ткани все более теряют свойства диэлектриков и приобретают свойства проводников. В зависимости от вида ткани и характера излучения доля поглощенной энергии электромагнитного поля может колебаться от 20 до 100 %. Поглощенная тканями энергия ЭМИ превращается в энергию, идущую на разогрев тканей (эффект «микроволновой печи»). Поглощение энергии кожным покровом – это наименее опасное воздействие, так как: излишнее тепло ощущается человеком как повышение температуры кожи, информируя, таким образом, об опасности; часть тепла излучается в виде инфракрасного излучения в окружающее пространство.

Поглощение энергии ЭМИ внутренними органами более опасно, так как такие органы как почки, сердце, мозг и глаза обладают слабовыраженным механизмом терморегуляции.

Нарушение магнитных полей пространства, в котором находится человек, приводит к изменению чувствительности к химическим и

электрическим воздействиям, вызывает торможение условных рефлексов, повышает раздражительность, суетливость и утомляемость, приводит к нарушению внимания и памяти.

Зачастую более опасными являются источники слабого электромагнитного излучения (ЭМИ), которое действует в течение длительного промежутка времени.

Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания.

В ряде стран началось серьёзное исследование влияния электромагнитных волн (прежде всего низкочастотных) на биологические объекты, в том числе человека, и возникли убедительные доказательства их неблагоприятного влияния на тело [5].

Медицинские обследования людей показали, что наиболее чувствительны к воздействию ЭМИ центральная нервная система, иммунная система, глаза, гонады (эндокринные железы половых органов). В результате такого воздействия может нарушаться деятельность сердечно-сосудистой, кровеносной, нейроэндокринной, иммунной систем и обменных процессов. Особо опасны электромагнитные поля могут быть для людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечно-сосудистой систем, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом. Иммунная система уменьшает выброс в кровь специальных ферментов, выполняющих защитную функцию, происходит ослабление системы клеточного иммунитета. Эндокринная система начинает выбрасывать в кровь большее количество адреналина, как следствие, возрастает нагрузка на сердечно-сосудистую систему организма. Происходит сгущение крови, в результате чего клетки недополучают кислород. У человека, в течение длительного времени подвергавшегося ЭМИ излучению, уменьшается сексуальное влечение к противоположному полу (отчасти это является следствием банальной усталости, отчасти вызвано изменениями в деятельности эндокринной системы), падает потенция. Изменения в нервной системе видны невооружен-

ным глазом. Как уже отмечалось выше, признаками расстройства являются раздражительность, быстрая утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна, общая напряженность, люди становятся суетливыми [6, 7].

Характер воздействия ЭИ на человека и биоту ещё полностью не изучен, однако известно, что:

- дети и старики реагируют сильнее людей в возрасте (25...50 лет).
- нагруженные органы реагируют сильнее, чем находящиеся в состоянии покоя;
- ЭМИ могут влиять на структуры головного и спинного мозга, минуя периферийные органы чувств;
- другие физические параметры (гравитация, звук, ускорение, изменение давления и т.п.) могут как усилить, так и уменьшить воздействие ЭМИ.

Таковы последствия воздействия ЭМ излучения. В качестве защитных мер можно назвать регулярные прогулки на свежем воздухе, проветривание помещения, занятия спортом, соблюдение элементарных правил работы, работа с хорошей техникой, которая удовлетворяет всем стандартам безопасности и санитарным нормам.

Защита от электромагнитных полей и излучений в нашей стране регламентируется Законом Украины об охране окружающей природной среды, а также рядом нормативных документов.

При рассмотрении принципов определения предельно допустимых уровней (ПДУ) ЭМИ следует иметь в виду то обстоятельство, что в качестве нормирующего параметра принята энергия поля, падающая на единицу поверхности тела человека при рабочей частоте передатчика, соответствующей наиболее выраженной реакции организма.

В большинстве зарубежных стран ПДУ ЭМИ при воздействии на человека более 6 мин составляет  $1...5 \text{ мВт/см}^2$  площади тела. В настоящее время многие специалисты считают предельно допустимой величину магнитной индукции, равную  $0,2...0,3 \text{ мкТл}$ . Стандарты США, на которые ориентировано большинство национальных стандартов других стран, а также международные рекомендации, исходят из повреждающего теплового действия ЭМИ. Конкретные значения ПДУ для частот

выше 10 МГц рассчитаны по показателю удельного поглощения мощности, который не должен превышать  $2 \text{ мВт/г}$  массы тела. При этом допускается усреднение на массу всего тела или его часть на время воздействия, ширину импульса излучения, период модуляции. Отечественные нормативы ПДУ не всегда имеют под собой четкие критериальные оценки, поэтому для ряда условий являются неоправданно жесткими.

Основной причиной, влияющей на различие стандартов разных стран, следует считать недостаточную изученность биологического воздействия ЭМИ на человека. В частности, это зависимости биологических эффектов от параметров излучения и условий воздействия на организм.

В последние годы в нашей стране ПДУ ЭМИ санитарно-эпидемиологическими станциями регламентируются специальным нормативным документом ДСН 239–96 (Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань), (ДНАОП 0.03–3.30–96). Принципиальным его моментом является то, что вводятся две категории облучения – профессиональное и непрофессиональное воздействия.

### **Современный автомобиль как источник электромагнитной опасности**

Состоянием на 2002 год ЭМП на  $18...32 \%$  территории городов формировалось в результате автомобильного движения [8]. На сегодня процент ЭМП от автомобильного транспорта в городах значительно возрос. Вдобавок следует отметить, что этот процент возрастает из года в год и не только за счет увеличения транспортного потока, но и из-за увеличения количества и мощности электрооборудования каждого отдельно взятого автомобиля (автотранспортного средства). Автомобиль является сравнительно маломощным источником электромагнитного излучения, однако проблема ЭМИ существует. Эта проблема стала более актуальной в условиях быстрого развития транспорта.

1. Автомобиль, оснащенный двигателем внутреннего сгорания. В автомобилях, оснащенных двигателем внутреннего сгорания, источником ЭМП есть система воспламенения воздушно-топливной смеси, которая устанавливается на бензиновых двигателях

внутреннего сгорания. Это, в первую очередь, свечи, распределитель, высоковольтные провода. При этом ЭМП генерируется током, который протекает в высоковольтном контуре силовой установки, которая отвечает за создание и поддержку искрового заряда на свечке. Приборы системы зажигания и электрооборудование автомобилей являются первичными излучателями электромагнитных волн, а элементы кузова, детали моторного отсека, капот, крылья, решетка радиатора – вторичными. В целом автомобиль является контуром, собственные характеристики индуктивности и емкости которого зависят от многих факторов и пока мало изучены. Сигнал, который создается на антенне электромагнитным полем и регистрируется с помощью измерительной аппаратуры, представляет собой последовательность импульсов со случайной амплитудой и продолжительностью от 200 нс, в результате чего помехи данного типа распределены за спектром (их частота изменяется от 30 МГц до 1 ГГц). Именно поэтому, несмотря на то, что мощность излучения некоторых источников в определенной узкой полосе частот (например, у радиопередатчиков) больше, чем мощность излучения в такой же полосе частот от системы зажигания, ЭМП, которое создано автомобилем, вносит наибольший вклад в электромагнитное загрязнение окружающей среды [5]. Нормируемая напряженность поля ЭМИ автомобиля не должна превышать в диапазоне 30-1000 МГц значений 34 дБ.

2. Электромобиль. Проблема ЭМП стала более актуальной в условиях быстрого развития транспорта, в том числе электромобилей. Хотя электромобили в Европе – пока большая редкость. По дорогам Германии, например, в настоящий момент ездит в общей мощности лишь 1400 машин с электроприводом. Тем не менее, согласно планам немецкого правительства, к 2020 году их число должно увеличиться до миллиона, а к 2030 году – до 5 млн. Это означает, что через пару десятилетий каждый пятый автомобиль в Германии будет ездить на электротяге.

Современный электромобиль – специально рассчитанная на городскую эксплуатацию конструкция с облегченными (для компенсации массы батареи аккумуляторов – БА) ходовой частью и кузовом, особой трансмиссией и удобным для смены БА её расположением [9]. Ток от БА, находящейся, как правило,

в 1–2 контейнерах под кузовом электромобиля, идёт к двигателю через систему тиристорных блоков управления. При использовании двигателя переменного тока в систему включают его преобразователь. Двигатель ставят либо в блоке с ведущим мостом спереди или сзади, либо спереди – с карданным приводом от него к заднему мосту, либо (2–4 двигателя) в колёсах.

Несмотря на то, что электромобили вообще не загрязняют окружающую среду, ситуация с ЭМП источниками в электромобиле является значительно более сложной, чем в автомобиле, оснащённом двигателем внутреннего сгорания.

В электромобиле ЭМП с высокой плотностью энергии оказывают вредное воздействие непосредственно на организм человека.

Более подробно остановимся на возникновении ЭМП и его влиянии на человека на примере гибридных автомобилей.

3. Гибридные автомобили. Общественность развитых стран в основном поддерживает развитие гибридных автомобилей, мотивируя это их экономностью и «дружественностью» к окружающей среде. Тем не менее, существует много скептиков, которых беспокоит вопрос: а безопасны ли гибриды для здоровья водителей?

Это тем более актуально ввиду последних новостей о планах таких брендов как BMW, Daimler, Ford, General Motors и Volkswagen выпустить свои модели в этом развивающемся сегменте автопрома. Не говоря уже о таких «ветеранах» гибридостроения как Toyota и Honda.

Гибридный автомобиль – высокоэкономичный автомобиль, который приводится в движение системой «электродвигатель – двигатель внутреннего сгорания» (далее двигатель), который питается как горючим, так и зарядом электрического аккумулятора [10]. Главное преимущество гибридного автомобиля – снижение затраты топлива и вредных выхлопов (выбросов).

Вся эта система настолько сложная, что стала возможной в полной мере только в современных условиях, с применением довольно непростых алгоритмов работы бортового

компьютера. Даже правильное и эффективное (с точки зрения безопасности) торможение управляется бортовым компьютером. В результате концентрация большого количества мощной автомобильной электроники сосредотачивается в пределах небольшого по размерам автотранспортного средства. Кроме того, батареи и силовые кабели в гибридах часто расположены близко к водителю и пассажирам, а следовательно электрический ток, который приводит в действие двигатель гибрида на малых скоростях (и помогает бензиновому мотору при движении на трассе), создает магнитные поля, которые, согласно некоторым исследованиям, представляют серьезный риск для здоровья человека в результате воздействия ЭМП.

Увеличение источников ЭМВ привело к расширению частотного диапазона ЭМП, которое для гибридного автомобиля лежит в пределах от 5 Гц до 1 ГГц.

Отметим, что влияние ЭМП обычно довольно длительно, в отличие от использования, например, бытовых электроприборов, ведь водители зачастую проводят за рулем несколько часов подряд.

Поэтому многие владельцы гибридных авто решили протестировать свои машины на уровень электромагнитных полей (ЭМП) с помощью простых «ручных» измерительных приборов, и, по словам некоторых из них, результаты получились достаточно «тревожными». Возможно, их обеспокоенность не безосновательна. Так, несколько научных учреждений, включая американские национальный институт здоровья и институт рака, подтверждают потенциальную опасность длительного воздействия сильного ЭМП и провели ряд исследований по изучению возможной связи раковых заболеваний с проживанием возле высоковольтных магистралей.

Вместе с тем, до сих пор не существует четкого определения того, какой уровень воздействия вреден для здоровья. Официальные тесты безопасности большинства стран не измеряют силу таких полей в автомобилях. Тем не менее, представители компаний Honda и Toyota, являющихся на данный момент основными производителями гибридов, заявляют, что, согласно результатам внутренних тестов, их машины не представляют угрозы здоровью людей.

В свою очередь, специалисты в отрасли гибридных автомобилей говорят, что особого повода для тревоги нет, однако и полностью игнорировать потенциальную опасность тоже не стоит. «Ошибочно будет «ухватиться» за вывод об опасности ЭМП гибридов, так же неправильно и «отмахиваться» от тревожных предпосылок. Дополнительные исследования улучшат наше понимание вопроса», – отметил Джим Клиш, представитель ассоциации ученых (США), занимающихся вопросами безопасности автомобилей.

Сами водители гибридов также обеспокоены мощностью электромагнитного излучения в своих авто. Правда, эксперты при этом отмечают, что с помощью бытовых детекторов довольно сложно получить обоснованные результаты.

Тем не менее, люди часто избавляются от своих машин именно после подобных тестов. Например, американец Брайан Коллинс продал свой Honda Insight 2001 г. всего через 6 месяцев после покупки. По его словам, в результате теста с помощью бытового детектора выяснилось, что водитель авто «получал» до 135 миллигаусс на уровне бедер и до 100 мГс на верхнюю часть туловища. Эти цифры значительно отличались от данных бензинового микроавтобуса Volkswagen, который «выдал» всего 1...2 мГс.

Американец попытался обратить внимание компании Honda на эту проблему в 2001 г., но в ответ получил заверения, что его автомобиль безопасен. После этого он решил купить пластину из железоникелевого сплава, надеясь таким образом создать экранирующий барьер, но ввиду дороговизны ее установки понял, что целесообразнее будет просто продать свой гибрид.

Представитель Honda Motor Крис Мартин сослался на отсутствие законодательных норм по допустимому уровню ЭМП в авто. Несмотря на это, по его словам, компания относится к этому вопросу серьезно. «Все наши испытания дали результаты, показатели которых существенно ниже предельных стандартов комиссии», – заявил К. Мартин, имея в виду европейскую организацию.

Тем не менее, известен случай, когда служащий католической школы в Канаде, оценивая возможность покупки гибридов Toyota Prius

для нужд учебного заведения, проверил авто на разных скоростях – в условиях резкого торможения и быстрого ускорения – с использованием гауссметра профессионального уровня. «Результаты, которые мы получили, были достаточно убедительными, – отметил он. – Зафиксирован высокий уровень воздействия ЭМП как на водителя, так и на заднего левого пассажира, что заставило нас задуматься о поиске экранирующего оборудования, а также убедило в обоснованности проверок различных моделей гибридных автомобилей».

В связи с этим интересен официальный комментарий Toyota Motor по этому вопросу: «Измеренные электромагнитные излучения в пределах 50–60 Гц внутри и снаружи гибрида Toyota имеют тот же уровень, что и у обычных бензиновых автомобилей. Таким образом, не существует дополнительной опасности для водителей, пассажиров и находящихся возле машины людей». По заверениям компании, уровень ЭМП в модели Prius составляет 1/300 от ограничений, принятых в Европе.

Следует признать, что тесты, проводимые владельцами гибридов, по своей чистоте действительно далеки от исследований автопроизводителей. Специалисты отмечают, что тяжело оценивать какие-либо показатели, не зная при этом, как проводились испытания. Проблематичным является и определение опасного уровня низкочастотной радиации, отчасти потому, что доза зависит не только от расстояния к источнику, но и продолжительности воздействия. Некоторые эксперты попытались разработать процедуру для тестирования гибридов на уровень ЭМП, однако стоимость в \$5 тыс. за одно авто не способствует ее широкому применению.

В основном большинство специалистов по ЭМП отмечают, что во время проверок гибридов действительно отмечаются пиковые значения, тем не менее, никто с уверенностью не может сказать, насколько это вредно для здоровья человека. Ученые надеются, что соответствующие выводы будут сделаны в недалеком будущем.

Однако данный вопрос во многом зависит от крупных автоконцернов, которые, по понятным причинам, спешить не собираются, ведь для них подобные исследования, как и необходимость разработки экранирующих эле-

ментов, означают новые затраты, не говоря уже о падении «кимиджа» зарождающегося класса автомобилей. И все же, не хотелось бы, чтобы в погоне за экономией и экологичностью был избран очередной тупиковый вариант развития средств передвижения с пагубным воздействием на человека.

### **Мониторинг электромагнитных излучений транспортных средств**

Измерения рекомендуется проводить при условии:

- а) расположения автомобиля на горизонтальной площадке;
- б) отсутствия атмосферных осадков;
- в) двери, капот, багажник – должны быть закрыты;
- г) двигатель должен:
  - быть прогрет до нормальной рабочей температуры (95 °С);
  - работать с частотой вращения  $1500 \pm 220$  мин.

Измерительная антенна прибора для замера уровня ЭИ должна располагаться напротив центра автомобиля на расстоянии 10 м и на высоте 3 м, спереди или сзади (в зависимости от расположения двигателя) и сбоку, со стороны расположения антенны радиоприемника автомобиля.

Результатом измерений на данной частоте считают наибольшее из полученных значений для всех вариантов взаимного расположения автомобиля и измерительной антенны. На характер ЭИ автомобиля влияют:

- а) степень сжатия двигателя;
- б) использование пластмассовых или металлических крыльев, крыш, облицовки кузова, воздушных фильтров;
- в) размеры, форма распределителя и катушки зажигания, место их расположения в моторном отделении;
- г) длина, размещение и качество высоковольтных проводов;
- д) размеры и форма моторного отделения;
- е) расстояние между колесами и моторным отделением;
- ж) правое или левое управление, поскольку это влияет на компоновку деталей в моторном отсеке;
- з) наличие электронных средств в системе зажигания;
- и) наличие сервисных механизмов, вычислительных систем и радиопередающих устройств;

- к) техническое состояние всех систем и узлов, формирующих ЭМИ;
- л) работоспособность систем подавления ЭМИ;
- м) характер режима и условия движения автомобиля.

Установлено, что при движении транспортных средств в потоке возможно явление резонанса ЭМИ в диапазонах частот (48...53), (76...82), (186...192) и (220...225) МГц, что приводит к увеличению среднего уровня излучения на 23, 16, 8 и 5дБ соответственно.

В целом уровень ЭМИ потока транспортных средств определяется локальной плотностью потока на участках сети и может быть уменьшен в результате:

- а) снижения времени нахождения на перекрестках;
- б) увеличения средних скоростей движения;
- в) обеспечения режима «зеленой волны», т.е. движения с постоянной скоростью и т.д.

Кроме опасности электромагнитного загрязнения окружающей среды вне автомобиля, существует еще опасность воздействия ЭМИ на людей, находящихся внутри салона автомобиля из-за:

- все большего насыщения обитаемого отсека различными приборами и устройствами, способными формировать электромагнитное поле;
- увеличения площади остекленности.

### Литература

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – 9 изд. – М.: ФизМатЛит, 1976.

2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – Т. 2: Теоретическая физика. – 6 изд. – М.: Наука, 1973.

3. Савельев И.В. Курс общей физики. – Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – М.: Наука, 1978. – 496 с.

4. Любимов В.В., Рагульская М.В. Электромагнитные поля, их биотропность и нормы экологической безопасности. – Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН. – Троицк, Московская область. – 2004. – С. 75.

5. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. – Томск: Изд-во Томского университета, 1990. – 188 с.

6. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. – М.: Наука, 1982. – 123 с.

7. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1975. – 284 с.

8. Экология и безопасность жизнедеятельности: учебн. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др., Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТА-ДАНА, 2002. – 447 с.

9. Ставров О.А. Электроавтомобили. – М.: Транспорт, 1968. – 104 с.

10. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатів А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 327 с.

Рецензент: А.В. Гриценко, профессор, д.геогр. наук, ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 7 июля 2009 г.